

数字技术赋能与地方政府环保支出效率:门槛特征和空间效应

傅志华 梅辉扬

【摘要】在财政支持减污降碳目标背景下,研究数字技术如何促进地方政府环保支出效率提高,对于实现减污降碳目标具有重要意义。本文采用超效率SBM模型和熵权法,分别测算了地方政府环保支出效率和数字技术发展水平;基于2007-2020年省级面板数据,运用双向固定效应模型、门槛面板模型、空间杜宾模型,实证分析了数字技术对地方政府环保支出效率的影响。研究表明:数字技术可显著促进地方政府环保支出效率的提高,其促进效果呈现西部地区>中部地区>东部地区的区域差异。进一步分析发现,数字技术对地方政府环保支出效率的影响效果,存在以财政分权程度和地方政府竞争强度为门槛的非线性现象,随着财政分权程度和地方政府竞争强度的提高,数字技术对地方政府环保支出效率的促进作用会减弱,而且数字技术对相邻地区政府环保支出效率的影响存在正向空间溢出效应。因此,应把握数字机遇,推进环境治理数字化转型;立足顶层设计,调整环境保护事权划分;协同绿色转型,推动数字技术快速发展;因地制宜施策,助推区域数字技术协调发展。

【关键词】数字技术;地方政府环保支出效率;门槛效应;空间溢出效应

【作者简介】傅志华,中国财政科学研究院研究员(北京 100142);梅辉扬(通讯作者),中国财政科学研究院研究生院博士研究生(北京 100142)。

【原文出处】《经济纵横》(长春),2023.4.31~44

一、引言与文献综述

深入打好污染防治攻坚战、协同推进减污降碳是我国“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出的持续改善环境质量的重要举措。^[1]环境污染具有明显的负外部性,仅依靠市场自身机制调节难以有效解决问题,还需要依靠政府财政支出进行宏观调控才能持续改善环境质量。2022年,财政部发布《财政支持做好碳达峰碳中和工作的意见》,提出加大财政对“双碳”工作的支持力度。我国地方政府承担环境质量改善的主要事权与支出责任^①,地方政府环境保护支出是实现减污降碳目标的重要资金支撑。因此,如何提高地方政府的环保支出效率,更好地支持减污降碳目标的实现,是当前备受关注的问题。

目前,关于地方政府环境保护支出效率的研究主要集中在两个方面:一是地方政府环境保护支出效率的测度和地区差异分析。虽然我国地方政府环境保护支出的减污降碳效果和促进绿色发展的效果得到了学界的广泛认可,^[2-4]但是长期以来,地方政府环境保护支出存在重投资、轻效益的问题,导致资金使用效率较低^[5]。对此,部分学者采用DEA模型对环境保护支出效率进行测度。如,张明斗等发现,我国30个省(市、区)2007-2011年的环境治理财政支出效率总体呈下降趋势。^[6]金荣学等发现,处于技术效率前沿的东部地区环境治理支出效率明显高于中部地区和西部地区。^[7]综合已有研究,基本可以得到以下较为统一的结论:自2007年“环境保护”被纳

入财政预算以来,尽管我国各省份环保支出效率明显改善,且区域间的支出效率差异有所收缩,但整体上效率依然较低,地方政府环境保护财政支出效率存在较大的提升空间。^[8-10]二是地方政府环保支出效率的影响因素研究。已有研究发现,财政分权^[5,11]、工业化程度^[8]、城镇化水平^[12]及人口规模^[10]会抑制地方政府环保支出效率,经济水平和受教育程度提高^[8]等因素会促进地方政府环保支出效率的提高。那么是否存在能够促进环保支出效率提高的新因素值得研究。

随着数字技术的快速发展,数字技术与传统行业深度融合,能够催生新业态、新模式,有助于推动经济高质量发展和提高社会治理效率。数字技术与实体经济融合发展衍生出的数字经济新形态,对促进产业结构转型升级^[13]、提高创新效率^[14]、提升经济效率^[15]、推动高质量发展^[16,17]发挥了重要作用,数字经济已成为社会经济发展的新动力^②。此外,将数字技术运用在政府管理领域,对提高政府治理能力和治理效率具有现实意义。数字技术的应用能够通过提高信息分析能力与监管能力,实现精准治理,从而提高政府治理效率。那么,从政府治理角度看,数字技术的发展和运用是否能促进地方政府环保支出效率的提高?如果能促进,这种促进效果是否受到其他因素的制约及是否存在空间溢出效应?对于这些问题的研究,可为提高地方政府环保支出效率、支持减污降碳目标实现提供新的思路。因此,区别于已有研究,本文重点分析数字技术对地方政府环保支出效率的影响。本文的边际贡献主要有三个方面:一是研究角度上,以数字技术应用为切入点,基于财政治理视角,研究利用数字技术提高地方政府环保支出效率、支持减污降碳目标实现。二是研究方法上,采用超效率SBM模型对地方政府环保支出效率进行测度,有效克服传统测算方法不能将多个有效单元的效率进行比较的问题。三是研究内容上,考虑到分权制度和政府竞争会影响地方政府运用数字技术提高环保治理效率的积极性,因此,从财

政分权程度、地方政府竞争强度两个方面构建门槛面板模型,分析数字技术发展对地方政府环保支出效率的非线性影响。此外,考虑到数字技术的空间溢出效应,运用空间计量模型,分析数字技术对相邻地区地方政府环保支出效率的影响。

二、理论假说

数字技术代表着先进生产力的发展方向,是提升创新绩效的根本途径。互联网、大数据、人工智能等数字技术在环保领域的广泛运用,为改善地方政府环保支出效率提供了契机与技术支持,有效提高了政府治理效率、降低了治理成本、减少了资源损耗,成为推进环境管理转型、提高监管和公共服务水平的重要手段。^[18]政府作为生态环境保护的责任主体,一方面,运用数字技术提升政府数字监管能力是国家治理能力现代化的重要方面。^[19]政府运用数字技术提升生态环境监管能力,推动传统的环境监测向智慧监测转型,^[20]可对空气质量、河流水质、污染排放等环境数据进行实时动态监控,^[21,22]有助于增强政府环境监控的精准性、全面性和有效性,提升环境监测能力与资源整合效率,^[23]从而提高环保支出资金的使用效率。另一方面,数字技术在环保领域的应用可整合碎片化数据,实现生态环境监测数据的网络共享,打破“信息孤岛”现象。生态环境大数据有助于政府作出科学决策,提高环境预警能力,减少环境保护和治理过程中资金的浪费。同时,数字技术的运用有助于生态环境污染治理的数字化转型,提升环境污染从源头到治理全链条中重点问题的处理效率,^[24]从而提高地方政府环保支出效率。综上,提出以下假说:

假说 H1:数字技术发展可以促进地方政府环境保护支出效率的提高。

由于环境保护与治理主体是地方政府,因此需要考虑当前制度环境与竞争环境下,地方政府对于运用数字技术来改善环保支出效率的积极性。尤其是在当前的财政分权体制下,我国生态环境保护的财权上移到中央政府,事权下放到地方政府,政府间

的财权和事权划分不够清晰,会影响地方政府的支出积极性。考虑到生态环境治理的正外部性及环境污染的负外部性,在生态环境治理过程中,地方政府存在“搭便车”倾向,^[25]相邻地区的政府可能没有足够动力将数字技术运用于环境管理领域。而且在经济效益与政治绩效的驱动下,地方政府之间容易形成“为经济增长而竞争”的局面。^[26]从2005年开始,我国将环境保护作为约束性考核指标纳入官员考核体系^③,提升了地方政府改善环保支出效率的积极性。因此,受财政分权和地方政府竞争的影响,地方政府运用数字技术改善环保支出效率的效果可能会被削弱。综上,提出以下假说:

假说 H2:数字技术促进地方政府环保支出效率提高的效果存在财政分权和地方政府竞争的门槛效应。

此外,还需考虑数字技术本身的特征。数据作为数字技术的核心要素,具有流动性强、获取成本低、可跨时空传播的特点。数字技术不同于传统技术和人力资本等要素,具备更强的知识溢出能力。^[27]Su 等研究发现,数字金融技术对城市生态效率的影响具有显著的空间溢出效应。^[28]刘婧玲等发现,数字技术可通过空间溢出效应降低相邻地区的碳排放强度。^[29]数字技术的运用可以实现不同区域的数据共享,有效压缩时空距离,打破时空限制,实现不同主体跨地区的交流与合作,从而发挥空间溢出效应,对相邻地区产生影响。具体到对地方政府环保支出效率的影响上,数字技术发展促进了跨区域主体间合作^[30]及知识、技术等资源整合^[31],有利于不同地区的政府快速获取数字技术用于环境污染监控治理的经验,提升资源利用效率,降低错配水平,进而提高地方政府环保支出效率。因此,在考察数字技术对环保支出效率的影响效应时,有必要建立空间计量模型研究数字技术发展的空间溢出效应。基于以上分析,提出以下假说:

假说 H3:本地区数字技术发展存在空间溢出效应,可以促进相邻地区地方政府环境保护支出效率

的提高。

三、研究设计

(一)模型设计

根据理论分析,为研究数字技术发展对地方政府环保支出效率的影响,构建双向固定效应模型:

$$ITE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DIG_{it} + \alpha_2 X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,ITE_{it} 代表 i 省份在第 t 时期的环保支出效率;DIG_{it} 代表 i 省份在第 t 时期的数字技术发展水平;X_{it} 代表一系列的控制变量,主要包括环境规制(FT)、开放水平(FDI)、城镇化水平(URB)、受教育水平(EDU)、人口规模(LNPOP);u_i 代表省份固定效应;v_t 代表年份固定效应;ε_{it} 代表随机误差项。

(二)变量测度与说明

1. 地方政府环境保护支出效率。

(1)测算方法选择

由于 DEA 模型无法解决测算过程中变量的松弛性、模型的径向导致的测量误差问题,本文采用超效率 SBM 模型,运用 MATLAB 软件,对我国 30 个省级政府^④环保支出效率进行测算。具体计算公式如下:

$$\rho^* = \min \frac{\frac{1}{M} \left(\sum_{m=1}^M \frac{\bar{X}}{X_{mq}} \right)}{\frac{1}{R+B} \left(\sum_{r=1}^R \frac{\bar{Y}}{Y_{rq}} + \sum_{b=1}^B \frac{\bar{U}}{U_{bq}} \right)} \quad (2)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \bar{X} \geq \sum_{n=1, n \neq q}^N Z_j X_{mn}, \bar{X} \geq X_q, \\ \bar{Y} \leq \sum_{n=1, n \neq q}^N Z_j Y_{rj}, \bar{Y} \leq Y_q, \\ \bar{U} \geq \sum_{n=1, n \neq q}^N Z_j U_{bj}, \bar{U} \geq U_q, \\ Z_N \geq 0, m=1, 2, \dots, M; r=1, 2, \dots, R; \\ b=1, 2, \dots, B; n=1, 2, \dots, N \end{cases} \quad (3)$$

其中,ρ* 表示地方政府环保支出效率的测算值;N 表示决策单元个数(即各省级政府),每个决策单元有 M 种投入;X 表示投入;Y 和 U 分别表示期望产出和非期望产出;R 表示期望产出指标数量,B 表示非期望产出指标数量;Z 表示投入、产出指标的权重。

(2)测算指标选取

我国环保支出主要用于污染防治、其他环保支

出、能源节约利用和自然生态保护等。^⑤因此,借鉴已有成果,^[9,12]选取地方政府环保支出作为投入变量。对于产出变量,根据环保支出的使用方向与数据的可获得性,选取废水排放量、二氧化硫排放量、危险废物产生量、能源消耗量作为非期望变量指标,选取污水处理能力、生活垃圾无害化处理率、森林蓄积量作为期望变量指标(见表1)。

2. 数字技术发展水平。当前学界对数字技术尚未形成统一界定。由于数字技术涉及范围广,运用多项指标衡量数字技术发展水平更为合理。借鉴已有研究,^[14,32,33]从数字技术基础、数字技术应用、数字技术创新三个方面选取指标,构建如表2所示的数

表 1 我国地方政府环保支出效率测算指标

评价指标	变量	
投入变量	地方政府环保支出(亿元)	
产出变量	非期望变量	废水排放量(万吨)
		二氧化硫排放量(万吨)
		危险废物产生量(万吨)
		能源消耗量(万吨标准煤)
	期望变量	污水处理能力(万立方米/日)
		生活垃圾无害化处理率(%)
		森林蓄积量(万立方米)

数据来源:历年《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》。

表 2 数字技术发展综合指数指标体系

一级指标	二级指标
数字技术基础	互联网普及率(%)
	长途光缆线路长度(万千米)
	互联网宽带接入端口(万个)
数字技术应用	互联网域名数(万个)
	电信业务量(亿元)
	软件业务收入(万元)
	技术市场成交额(亿元)
	数字经济企业数量(个)
数字技术创新	规模以上工业企业 R&D 人员全时当量(千人/年)
	规模以上工业企业 R&D 经费(亿元)
	专利申请授权数量(件)

数据来源:国家统计局网站、国研网统计数据库。

字技术发展综合指数指标体系,运用熵权法测算得出数字技术发展综合指数来代表数字技术发展水平。本文主要研究数字技术对地方政府环保支出效率的影响,由于2007年中央政府在财政支出中单独设置了“211 环境保护类”支出科目,因此选取2007-2020年我国30个省份的数字发展数据。

3. 控制变量与门槛变量。参照已有研究,^[34,35]本文加入了可能对地方政府环保支出效率产生影响的控制变量,包括环境规制(FT)、开放水平(FDI)、城镇化水平(URB)、受教育水平(EDU)和人口规模(LNPOP)。此外,考虑到财政分权和地方政府竞争的影响,数字技术对地方政府环保支出效率的促进效果可能存在非线性现象。借鉴已有研究,^[36-38]从财政分权、地方政府竞争两个方面进行诠释,选取财政分权程度(DC)、地方政府竞争强度(GOV)作为门槛变量,检验其作为外生变量对数字技术促进地方政府环保支出效率提升效果产生的非线性影响。变量说明具体见下页表3。

(三)数据来源

使用我国30个省份的面板数据,数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国互联网发展状况统计报告》和国泰安数据库,部分缺失数据采用线性插值法补齐。主要变量的描述性统计结果见下页表4。

四、实证检验与结果分析

(一)基准回归结果

关于数字技术对地方政府环保支出效率的影响,基于公式(1)的设定,采用双向固定效应模型进行回归分析,回归结果如下页表5所示。表5中(1)列是没有加入控制变量的回归结果,数字技术回归系数为0.805,且在1%的水平上显著。(2)列是加入控制变量后的回归结果,数字技术的回归系数为1.122,且在1%的水平上显著。这说明数字技术发展可显著促进地方政府环保支出效率提高,假说1得到验证。此外,(2)列中环境规制系数显著为正,

表 3 相关变量说明

变量类型	变量名称	变量符号	变量说明
被解释变量	地方政府环保支出效率	ITE	地方政府环保支出效率测算值
解释变量	数字技术发展水平	DIG	数字技术发展水平测算值
控制变量	环境规制	FT	工业污染治理投资完成额/工业总产值
	开放水平	FDI	各省级地区 FDI/GDP
	城镇化水平	URB	各省级地区城镇人口数/年末人口数
	受教育水平	EDU	普通本、专科在校学生数/年末人口数
	人口规模	LNPOP	Ln(地区年末常住人口数)
门槛变量	财政分权程度	DC	(省一般公共预算收入/中央一般公共预算收入+省一般公共预算支出/中央一般公共预算支出)/2
	地方政府竞争强度	GOV	各省外商投资总额(当年汇率折算)/GDP

表 4 主要变量描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
ITE	420	0.372	0.352	0.018	1.279
DIG	420	0.120	0.113	0.010	0.787
FT	420	0.656	0.194	0.254	0.998
FDI	420	0.073	0.250	0.008	4.962
URB	420	0.564	0.134	0.282	0.896
EDU	420	0.019	0.006	0.007	0.041
LNPOP	420	8.192	0.745	6.314	9.443
DC	420	0.022	0.013	0.003	0.071
GOV	420	0.021	0.020	0.001	0.121

表明环境规制有效提高了地方政府环保支出效率;城镇化水平和人口规模的系数显著为负,说明当前阶段的城镇化发展和人口规模扩大可能会增加减污降碳难度,从而降低地方政府环保支出效率;开放水平和受教育水平的系数为正,说明二者的提高可促进

表 5 基准回归结果

变量	全国	全国
	(1)	(2)
DIG	0.805*** (4.076)	1.122*** (4.964)
FT		0.257** (2.152)
FDI		0.028 (0.716)
URB		-2.043*** (-3.489)
LNPOP		-0.944*** (-3.311)
EDU		10.497 (1.237)
Constant	0.613*** (17.707)	8.930*** (3.830)
控制省份/年份	YES	YES
观测值	420	420
R-squared	0.405	0.439

注: *、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的显著水平;括号内为稳健标准误。下同。
地方政府环保支出效率的提高,但效果不显著。

(二) 区域异质性分析

考虑到不同地区资源禀赋与数字技术发展阶段不同,数字技术发展在区域分布上存在明显的异质性特点,因此,数字技术促进地方政府环保支出效率提高的影响效果也可能存在区域异质性。首先对不同地区的数字技术发展水平进行描述性统计分析,由表 6 可知,我国数字技术发展水平呈现明显的区域差异,东部地区领先于中部地区,中部地区领先于西部地区^⑥。再考察数字技术对不同区域地方政府环保支出效率影响效果的差异。表 7 区域异质性回归分析结果表明,数字技术对不同区域地方政府环保支出效率的促进效果存在明显差异,表现为西部地区>中部地区>东部地区。究其原因,尽管我国中西部地区数字技术水平远低于东部地区,但得益于国家的宏观调控政策和地区资源禀赋,中西部地区数字技术具有良好的后发优势。2020 年全国数字经济增速前十的省份中,有 8 个是中西部地区的省份^⑦,中西部地区数字化发展已对东部地区形成赶超之势。在对地方政府环保支出效率的促进作用上,中西部地区数字技术快速发展与应用释放的红利边际效应更高,因此促进地方政府环保支出效率提高的

表 6 分区域数字技术发展差异

地区	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
东部地区	154	0.193	0.144	0.010	0.787
中部地区	112	0.091	0.063	0.030	0.289
西部地区	154	0.069	0.053	0.017	0.336

效果更明显。

(三) 稳健性检验

为验证实证结果的稳健性,采用三种方法进行检验:一是替代解释变量。考虑到数字技术是在互联网的基础上发展起来的,运用互联网发展水平替代数字技术水平作为解释变量,借鉴已有研究,^[39]采用互联网普及率×光缆线路的长度来表示互联网发展水平(DIG2)。下页表 8(1)列结果表明,替换解释变量后的回归结果在 1% 的水平上显著为正。二是采用滞后一期的数字技术水平进行回归。因为数字技术发展不仅会对当期的地方政府环保支出效率产生影响,也会影响下一期的支出效率。表 8(2)列的结果显示,滞后一期数字技术水平的系数在 1% 的水平上显著为正。三是将二氧化碳排放量[®]作为非期望产出变量加入测算体系中,测算得到新的地方政府环保支出效率后进行回归。2021 年之前,打好污染防治攻坚战是持续改善环境质量的重要举措,2021 年“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要中首

次提出协同推进减污降碳,将降低二氧化碳排放纳入改善环境质量的治理范围。表 8(3)列的结果显示,核心解释变量的回归系数依然显著为正,与基准回归结果一致。采用以上三种方法得到的结论均与基本回归结果一致,佐证了假说 1 的稳健性。

(四) 内生性分析

在基准回归中,尽管本文加入了控制变量来解决遗漏变量问题,同时控制了省份和年份固定效应,但受资源禀赋、制度环境等多种不可观测因素的影响,数字技术对地方政府环保支出效率的影响也可能受到反向因果的干扰而导致内生性问题。鉴于此,借鉴已有研究,^[40]采用各省份 1984 年的电话拥有量作为工具变量,检验模型中可能存在的内生性问题。其内在逻辑在于:一方面,数字技术是在传统通信技术上延伸发展而来,历史上电话拥有量多的地区可能是当前数字技术发展水平较高的地区;另一方面,历史上各地区的电话拥有量对当前的地方政府环保支出效率没有直接影响,满足作为工具变量的外生性要求。此外,由于 1984 年各省电话拥有量是不随时间变化的截面数据,无法满足面板数据对数据异质性的要求,所以本文采用 1984 年各省电话拥有量与样本期上一年互联网宽带接入用户量的交互项构造面板工具变量,用两阶段最小二乘法(2SLS)

表 7 区域异质性回归结果

变量	全国	东部	中部	西部
	(1)	(2)	(3)	(4)
DIG	1.122*** (4.964)	0.648* (0.369)	2.267*** (0.767)	3.245*** (0.411)
FT	0.257** (2.152)	0.113 (0.215)	-0.074 (0.173)	0.562*** (0.190)
FDI	0.028 (0.716)	0.025 (0.028)	-0.348 (1.183)	0.180 (0.726)
URB	-2.043*** (-3.489)	-0.513 (1.080)	-6.884*** (2.248)	-5.230*** (1.349)
LNPOP	-0.944*** (-3.311)	-1.570* (0.873)	0.395 (1.217)	-0.161 (0.660)
EDU	10.497 (1.237)	-17.037 (16.238)	48.156*** (17.312)	8.747 (11.713)
Constant	8.930*** (3.830)	13.351* (6.957)	-0.406 (9.133)	4.125 (5.271)
控制省份/年份	YES	YES	YES	YES
观测值	420	154	112	154
R-squared	0.439	0.744	0.873	0.824

$$ITE_{it} = \pi_0 + \pi_1 DIG_{it} \times I(Thv_{it} \leq r_1) + \pi_2 DIG_{it} \times I(r_1 < Thv_{it} \leq r_2) + \cdots + \pi_n DIG_{it} \times I(r_{n-1} < Thv_{it} \leq r_n) + \pi_{n+1} DIG_{it} \times I(Thv_{it} > r_n) + \pi X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

在公式(4)与公式(5)中, Thv_{it} 为门槛变量, 分别为财政分权程度(DC)和地方政府竞争强度(GOV); r 为待估算的门槛值; $I(\cdot)$ 为指标函数, 若括号中的表达式成立, 则 $I(\cdot) = 1$, 否则 $I(\cdot) = 0$; 公式(5)中 r_n 表示 n 个门槛值; 其他变量的解释与公式(1)相同。

首先要判断是否存在门槛效应及可能存在的门槛个数。表9中的P值是采用Bootstrap方法反复抽样400次得到的, 运用该值判断F统计量在多大的显著性水平通过门槛效应检验。由表9和表10的结果可知, 财政分权程度和地方政府竞争强度均通过了单一门槛检验, 门槛值分别为0.0196和6.790, 且在1%的水平上显著。以财政分权程度和地

府竞争强度为门槛变量的似然比(LR)趋势图如图1所示。

然后运用公式(5)进行门槛回归分析, 下页表11报告了不同门槛条件下数字技术对地方政府环保支出效率的影响。从财政分权程度看, 数字技术对地方政府环保支出效率的促进效果存在以财政分权程度为门槛的单一门槛效应。当财政分权程度不超过门槛值0.020时, 数字技术对地方政府环保支出效率的促进作用为4.091, 且通过了1%的显著性水平检验; 当财政分权程度超过门槛值0.020时, 数字技术对地方政府环保支出效率的促进作用为2.187, 且通过了1%的显著性水平检验。从地方政府竞争强度看, 数字技术对地方政府环保支出效率的促进效果存在以地方政府竞争强度为门槛的单一门槛效应。当地方政府竞争强度不超过门槛值6.790时, 数字技术对地方政府环保支出效率的促进作用为2.635,

表 9 门槛效应抽样检验结果

门槛变量	门限检验类型	F 统计量	P 值	10% 临界值	5% 临界值	1% 临界值
DC	单一门槛检验	33.400	0.000	25.329	25.329	25.329
	双门槛检验	16.710	0.333	23.432	23.432	23.432
GOV	单一门槛检验	10.970	0.000	22.258	22.258	22.258
	双门槛检验	17.110	1.000	17.708	17.708	17.708

表 10 门槛估计值

门槛变量	门槛数	估计值	置信区间
财政分权程度	单一门槛	0.0196***	(0.0195, 0.0196)
地方政府竞争强度	单一门槛	6.790***	(6.641, 6.795)

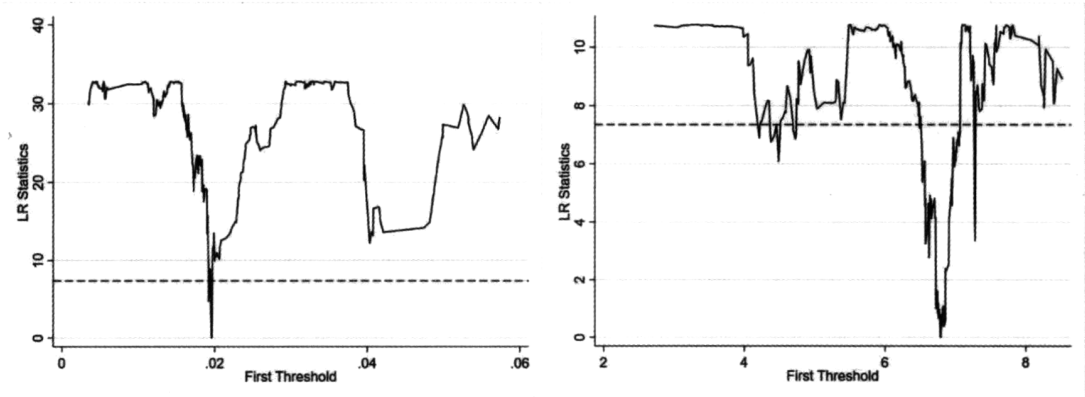


图 1 门槛估计值和置信区间

着地区间发展的联动性不断增强,本地区的数字技术发展也会影响相邻地区政府的环保支出效率。为验证假说3,将空间交互作用引入双向固定效应模型中,并与空间滞后模型、空间误差模型相结合,形成空间杜宾模型(SDM),如公式(6)所示。

$$\text{ITE}_{it} = \alpha_0 + \rho W \times \text{ITE}_{it} + \alpha_1 \text{DIG}_{it} + \alpha_2 W \times \text{DIG}_{it} + \alpha_3 X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中, W 代表空间权重矩阵; $W \times ITE_{it}$ 代表各地区环保支出效率的滞后项; ρ 代表空间自回归系数,表示不同地区环保支出效率的空间自相关性; $W \times DIG_{it}$ 代表各地区数字技术水平的空间滞后项;其余变量含义与基准回归模型相同。

地理邻接权重矩阵的表达形式如公式(7)所示。

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{ 与 } j \text{ 空间邻接} \\ 0, i \text{ 与 } j \text{ 空间不邻接} \end{cases} \quad (7)$$

1. 空间相关性结果分析。在进行空间计量分析之前,首先需要检验研究对象是否存在空间效应。基于地理邻接矩阵,运用 STATA16 软件,采用 Moran 指数法进行空间相关性检验。表 12 结果显示,2007-2020 年,除 2007 年外,地方政府环保支出效率的 Moran's I 值均显著为正,表明地方政府环保支出效率表现为显著的正向空间相关性;2007-2020 年,除 2013、2020 年外,数字技术的 Moran's I 值均显著为正,说明数字技术发展具有明显的正向空间依赖性。因此,运用空间计量模型实证检验我国数字技术发展对地方政府环保支出效率的影响效应具有一定的合理性。

2. 空间模型选择。本文经过一系列的检验来确定使用的模型,检验结果如表 13 所示。首先进行了 LM 检验,结果显示使用空间杜宾模型要优于使用空间误差模型和空间滞后模型。由于省份个体差异和时间因素可能导致估计结果产生偏差,所以将模型设定为双向固定空间杜宾模型。然后进行 LR 和 Wald 检验以验证模型的稳定性,该模型在 1% 的显著性水平上通过了 LR 和 Wald 检验,说明运用双向固定空间杜宾模型研究地方政府环保支出效率是合理的。

且通过了 1% 的显著性水平检验;当地方政府竞争强度超过门槛值 6.790 时,数字技术对地方政府环保支出效率的促进作用为 1.944,且通过了 1% 的显著性水平检验。

综上所述,数字技术与地方政府环保支出效率并非呈绝对的线性关系,其促进效果受到财政分权和地方政府竞争两个方面的影响。随着财政分权程度、地方政府竞争强度的提高,数字技术对地方政府环保支出效率的促进效果会减弱,假说2得到验证。

(二) 空间溢出效应分析

由于数字要素具备渗透性、融合性等特点,能够克服地理空间的限制,实现跨区域协作与发展。^[35]随

表 12 地方政府环保支出效率的全局莫兰值

年份	ITE			DIG		
	Moran' s I	Z 值	P 值	Moran' s I	Z 值	P 值
2007	0.056	0.794	0.214	0.124 *	1.454	0.073
2008	0.151 **	1.666	0.048	0.124 *	1.455	0.073
2009	0.151 **	1.696	0.045	0.116 *	1.388	0.083
2010	0.160 **	1.836	0.033	0.138 *	1.587	0.056
2011	0.127 **	1.579	0.057	0.134 *	1.560	0.059
2012	0.242 ***	2.484	0.006	0.126 *	1.487	0.069
2013	0.139 **	1.716	0.043	0.096	1.219	0.111
2014	0.159 **	1.952	0.025	0.114 *	1.383	0.083
2015	0.147 **	1.877	0.030	0.125 *	1.483	0.069
2016	0.161 **	1.741	0.041	0.146 **	1.667	0.048
2017	0.148 **	1.604	0.054	0.179 **	1.961	0.025
2018	0.132 *	1.459	0.072	0.116 *	1.413	0.079
2019	0.119 *	1.355	0.088	0.114 *	1.393	0.082
2020	0.166 **	1.760	0.039	0.100	1.259	0.104

表 13 空间面板计量模型的检验结果

检验方式	数值	P 值
Moran' s I	7.911	0.000
LM-ERR	58.479	0.000
Robust LM-ERR	3.728	0.054
LM-LAG	74.198	0.000
Robust LM-LAG	19.447	0.000
LR_test(SEM)	29.000	0.000
LR_test(SAR)	30.260	0.000
Wald_test(SEM)	30.070	0.000
Wald_test(SAR)	31.420	0.000

3. 空间回归分析。采用双向固定空间杜宾模型进行回归,并运用 SDM 模型的偏微分法,将总效应分解为直接效应和溢出效应,结果如下页表 14 所示。表 14 的(1)(2)列显示,即使考虑空间溢出效应,数字技术对地方环保支出效率的影响依然显著为正,进一步验证了前文研究结论的稳健性。而且 W×DIG 的系数显著为正且通过了 5% 的显著性检验,说明本地区数字技术发展可以促进相邻地区政府环保支出效率的提高。空间计量中的自变量回归

系数包括直接效应和间接效应两个方面,(3)(4)(5)列结果显示,数字技术对地方政府环保支出效率的直接效应和溢出效应均显著为正,说明数字技术发展不仅对本地区政府环保支出效率具有显著的促进作用,还有助于提高相邻地区政府的环保支出效率。

六、结论与政策建议

(一) 研究结论

本文通过测度数字技术发展水平与地方政府环保支出效率,采用 30 个省份的面板数据,运用固定效应模型、面板门槛模型和空间计量模型,从直接效应、非线性关系和空间溢出效应三个方面,探讨了数字技术对地方政府环保支出效率的影响。主要结论为:一是数字技术可显著促进地方政府环保支出效率提高,通过替换解释变量、解释变量滞后一期,以及引入工具变量进行稳健性检验后,上述结论仍然成立。二是数字技术对地方政府环保支出效率的影响存在区域异质性,其促进效果表现为西部地区>中部地区>东部地区。三是数字技术对地方政府环保支

中心的建设步伐,夯实数字技术发展基础。提高数字技术在各行业的应用水平,引导数字产业化和产业数字化深入发展。培育新经济新业态新模式,推动产业结构转型升级。培养具备数字素养的新型人才,鼓励数字技术创新,突破数字领域“卡脖子”技术。

第四,因地制宜施策,助推区域数字技术协调发展。鉴于数字技术发展水平在我国区域内部呈自东部向中西部递减的趋势,以及数字技术影响地方政府环保支出效率存在明显的区域性差异,不同地区需要依据区域特征和资源禀赋,因地制宜实施差异化政策,推动数字技术发展。发挥中西部地区数字技术发展的后发优势,承接东部地区数字产业转移,由此形成数字技术发展对我国生态环境保护工作的加速效应。同时,强化东部地区的规模优势与领头雁作用,充分发挥数字技术减污降碳的溢出效应,推动跨区域创新与合作,以东部地区辐射带动中西部地区数字技术发展,实现全域数字技术协调发展。

注释:

①结合国家统计局统计年鉴数据,按照地方政府环保支出占全国环境保护支出的比重计算地方政府环境保护事权与支出责任,其中地方政府环保支出包括地方本级环保支出和中央对地方环境保护转移支付。结果显示,2007-2020年,地方政府始终承担着全国环境保护95%左右的事权与支出责任。

②根据《中国数字经济发展与就业白皮书(2021年)》显示,2020年我国数字经济规模近39.2万亿元,占国内生产总值的38.6%,同比增长9.6%,增速居全球首位。

③如,国务院2005年发布的《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》明确提出将环境保护纳入领导班子和领导干部考核的重要内容,《“十一五”期间全国主要污染物排放总量控制计划》要求二氧化硫和化学需氧量排放总量比2005年减少10%的目标。

④由于数据缺失,未包含西藏自治区。

⑤参考2018-2020年地方一般公共预算支出决算表,该四项支出在我国地方政府环保支出占比排在前四位。

⑥东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南11个地区;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、河南、湖北、湖南、安徽、江西8个地区;西部地区包括内蒙古、重庆、四川、广西、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆11个地区。

⑦数据来源于中国信通院《2021年中国数字经济发展白皮书》,前十省份分别是贵州、重庆、福建、湖南、四川、江西、浙江、广西、安徽、河北。

⑧根据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》,采用国际上普遍认可的IPCC提供的方法,选取煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气这9种代表性能源,参考《综合能耗计算通则》中的标准煤系数,《省级温室气体清单编制指南》中的碳排放系数、碳氧化率,《国家温室气体排放指南》中的二氧化碳排放系数,计算我国各省级行政区2007-2020年的二氧化碳排放量,缺失数据用插值法补齐。

参考文献:

[1]中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL]. [2021-03-13]. 中国政府网, http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.

[2]张征宇,朱平芳. 地方环境支出的实证研究[J]. 经济研究,2010(5):82-94.

[3]王华春,平易,崔伟. 地方政府环境保护支出竞争的空间效应研究[J]. 广东财经大学学报,2019(4):49-59.

[4]张腾飞,杨俊. 绿色发展绩效的环境保护财政支出效应评价及政策匹配[J]. 改革,2019(5):60-69.

[5]徐顺青,逯元堂,陈鹏,等. 环境保护财政支出现状及发展趋势研究[J]. 生态经济,2018(2):71-76.

[6]张明斗,莫冬燕. 新型城镇化运行中环境治理的财政支出效率及收敛性[J]. 数学的实践与认识,2014(5):113-120.

[7]金荣学,张迪. 我国省级政府环境治理支出效率研究[J]. 经济管理,2012(11):152-159.

[8]朱浩,傅强,魏琪. 地方政府环境保护支出效率核算及影响因素实证研究[J]. 中国人口·资源与环境,2014(6):91-96.

- [9]张迪,金荣学.省际环境治理支出效率及其影响因素研究[J].华中农业大学学报(社会科学版),2018(3):137-143+160.
- [10]王谦,于楠楠.基于超效率SBM-DEA模型的山东省财政环境保护支出效率评价[J].经济与管理评论,2020(2):113-122.
- [11]王宝顺,刘京焕.中国地方公共卫生财政支出效率研究——基于DEA-Malmquist指数的实证分析[J].经济经纬,2011(6):136-140.
- [12]程承坪,陈志.省级政府环境保护财政支出效率及其影响因素分析[J].统计与决策,2017(13):130-132.
- [13]方岚.数字技术如何赋能产业结构升级:异质性分析与机制检验[J].云南财经大学学报,2022(12):33-47.
- [14]赵星,李若彤,贺慧圆.数字技术可以促进创新效率提升吗?[J/OL].科学学研究;1-15, <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20221110.004>.
- [15]江小涓,靳景.数字技术提升经济效率:服务分工、产业协同和数实共生[J].管理世界,2022(12):9-26.
- [16]谢谦,郭杨.数字技术、创新要素结构优化与企业全要素生产率[J].北京师范大学学报(社会科学版),2022(6):134-144.
- [17]任转转,邓峰.数字技术、要素结构转型与经济高质量发展[J/OL].软科学;1-10, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20220330.1813.002.html>.
- [18]魏斌,张波,黄明祥.信息化推进环境管理创新的思考[J].环境保护,2015(15):38-41.
- [19]刘亚平,李雪.数字监管能力:概念界定、路径分析与实践演进[J].中山大学学报(社会科学版),2022(6):176-188.
- [20]陈善荣,陈传忠,文小明,等.“十四五”生态环境监测发展的总体思路与重点内容[J].环境保护,2022(22):12-16.
- [21]Stephanie E. Hampton, et al. Big Data and the Future of Ecology[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2013(3):156-162.
- [22]Dong-Hee Shin, Min Jae Choi. Ecological Views of Big Data: Perspectives and Issues[J]. Telematics and Informatics, 2015(2):311-320.
- [23]许宪春,张美慧.中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J].中国工业经济,2020(5):23-41.
- [24]魏春城,林治宇,赵晨,等.数字技术赋能绿色低碳发展的举措与建议[J].环境保护,2022(20):28-30.
- [25]高明,郭施宏,夏玲玲.大气污染府际间合作治理联盟的达成与稳定——基于演化博弈分析[J].中国管理科学,2016(8):62-70.
- [26]Tiebout C. M. A Pure Theory of Local Expenditures[J]. Journal of Political Economy, 1956(5):416-424.
- [27]涂心语,严晓玲.数字化转型、知识溢出与企业全要素生产率——来自制造业上市公司的经验证据[J].产业经济研究,2022(2):43-56.
- [28]Su Yaya, Li Zhenghui, Yang Cunyi. Spatial Interaction Spillover Effects between Digital Financial Technology and Urban Ecological Efficiency in China: An Empirical Study Based on Spatial Simultaneous Equations[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021(16):8535.
- [29]刘婧玲,陈艳莹.数字技术发展、时空动态效应与区域碳排放[J/OL].科学学研究;1-17, <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20220325.002>.
- [30]薛成,孟庆玺,何贤杰.网络基础设施建设与企业技术知识扩散——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J].财经研究,2020(4):48-62.
- [31]康瑾,陈凯华.数字创新发展经济体系:框架、演化与增值效应[J].科研管理,2021(4):1-10.
- [32]郭东杰,周立宏,陈林.数字经济对产业升级与就业调整的影响[J].中国人口科学,2022(3):99-110+128.
- [33]乌云图,陶克涛,彭俊超.产业协同集聚、数字技术支持与资源错配[J].科研管理,2023(1):125-135.
- [34]杨慧梅,江璐.数字经济、空间效应与全要素生产率[J].统计研究,2021(4):3-15.
- [35]陈昭,陈钊泳,谭伟杰.数字经济促进经济高质量发展的机制分析及其效应[J].广东财经大学学报,2022(3):4-20.
- [36]田建国,王玉海.财政分权、地方政府竞争和碳排放空间溢出效应分析[J].中国人口·资源与环境,2018(10):36-44.
- [37]张瑞,王格宜,孙夏令.财政分权、产业结构与黄河流域高质量发展[J].经济问题,2020(9):1-11.
- [38]刘建民,陈霞,吴金光.财政分权、地方政府竞争与环境污染——基于272个城市数据的异质性与动态效应分析

[J]. 财政研究, 2015(9):36-43.

[39] 石喜爱, 李廉水, 程中华, 等. “互联网+”对中国制造业价值链攀升的影响分析[J]. 科学学研究, 2018(8):1384-1394.

[40] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产

率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019(8): 5-23.

[41] Bruce E. Hansen. Threshold Effects in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference[J]. Journal of Econometrics, 1999(2):345-368.

Digital Technology Empowerment and the Efficiency of Local Government Spending on Environmental Protection: Threshold Characteristics and Spatial Effects

Fu Zhihua Mei Huiyang

Abstract: In the context of financial support for carbon reduction targets, it is of great significance to study digital technology to improve the efficiency of local government's environmental expenditure for achieving carbon reduction targets. This paper uses the super-efficiency SBM model and entropy weight method to estimate the efficiency of local government environmental protection expenditure and the development level of digital technology. Based on provincial panel data from 2007 to 2020, this paper empirically analyzes the impact of digital technology on the efficiency of local government expenditure on environmental protection by using twoway fixed effect model, threshold panel model and spatial Dubin model. The results show that digital technology can significantly improve the efficiency of local government's environmental protection expenditure, and the promotion effect presents a regional difference of western region>central region>eastern region. Further analysis shows that the effect of digital technology on the efficiency of local government expenditure on environmental protection is non-linear, with the degree of fiscal decentralization and the intensity of local government competition as the threshold. With the increase of the degree of fiscal decentralization and the intensity of local government competition, the promotion effect of digital technology on the efficiency of local government expenditure on environmental protection will be weakened. Moreover, digital technology has a positive spatial spillover effect on the environmental expenditure efficiency of neighboring regional governments. Therefore, digital opportunities should be seized to promote the digital transformation of environmental governance; Based on the top-level design, adjust the division of environmental protection powers; Coordinated green transformation to promote the rapid development of digital technology; Measures should be taken in light of local conditions to promote coordinated digital development among regions.

Key words: digital technology; efficiency of local government expenditure on environmental protection; threshold effect; spatial spillover effect